El láser semiconductor

Finalidad
- Estudiar las características de emisión de un laser semiconductor
- Distribución espectral
- Distribución espacial

Elementos disponibles
- Un laser semiconductor
- Fuente de alimentacion
- Un LED infrarrojo
- Fotodetector PIN
- Medidor de potencia calibrado
- Tarjeta detectora para IR
- Red de difracción
- Manual de instrucciones de la fuente y del laser de diodo
- Osciloscopio

Introducción
En esta práctica se propone la caracterización de un laser infra-rojo semiconductor (diodo laser) estudiando la emisión, tanto en sus características espectrales así como en la distribución espacial de energía y su empleo como fuente de bombeo óptico.

Los láseres semiconductores están dentro de los más pequeños y eficientes que existen en la actualidad.Tienen tamaños del orden de los milímetros y emiten en longitudes de onda que cubren desde el infra rojo hasta el visible ($\cong$ 0.5 μm). El desarrollo de estas fuentes láser es un área de investigación de gran importancia, particularmente en cuanto al diseño de nuevos materiales de fabricación que permitan la emisión a longitudes de onda aún mas cortas que la señalada precedentemente. Las aplicaciones cotidianas de los laseres semiconductores son muy amplias pues son los láseres que se utilizan en telecomunicaciones, reproductores de discos compactos, punteros laser, lectores de códigos de barras etc. Para ampliar la información respecto al funcionamiento y principios básicos de estos láseres se puede consultar la bibliografía sugerida (1-3).

La longitud de onda en la que emiten estos laseres depende del material semiconductor del que está fabricado. Dentro de un pequeño rango, sin embargo, ésta puede cambiar al variar la temperatura de funcionamiento del diodo. Por ello se suele colocar al láser en contacto térmico con un disipador y un enfriador controlado que estabiliza la temperatura de funcionamiento de manera de alcanzar una emisión estable en longitud de onda. El diodo laser a emplear en las prácticas tiene un enfriador termo-eléctrico de estado sólido que funciona por efecto Peltier y también incorpora la electrónica de control para estabilizar la temperatura.

Los laseres semiconductores son dispositivos extremadamente sensibles al ruido eléctrico y se pueden dañar fácilmente. Por lo tanto antes de operar el laser lea detenidamente las instrucciones para realizar el encendido correctamente.

Caracterización

Entre los elementos con que Ud. cuenta tiene dos detectores para luz IR. Uno de ellos es una tarjeta con una superficie sensible al IR que brilla (con un color anaranjado-rojizo) en la zona donde incide el haz laser. Esta tarjeta permite "ver" el laser y es sumamente útil para el procedimiento de alineación previa. El segundo detector es un fotodiodo de Si PIN que produce una señal eléctrica proporcional a la luz que recibe el mismo y que puede registrarse fácilmente en un osciloscopio (o un tester). Con este segundo elemento se realizarán las mediciones para caracterizar al diodo laser. Para obtener más detalles acerca de las bases del funcionamiento de este detector puede consultar la referencia [2]. La fuente de alimentación del diodo laser tiene un control de corriente con un indicador que muestra la corriente que circula por el diodo.

ENCENDIDO DEL DIODO

- *Se debe seguir detalladamente las indicaciones impresas en el manual de la fuente de alimentación y estabilizar la corriente en un valor medio.(i.e. lejos de los extremos del rango permitido por la fuente)*
- *Con la tarjeta IR trate de localizar la salida. Si se observa que el punto brillante desaparece luego de un breve lapso, debe moverse ligeramente la tarjeta pues la saturación de la superficie sensible produce la desaparición de la mancha brillante. (La superficie recupera sus propiedades cuando es iluminada con luz de longitud de onda menor, como por ejemplo la de los tubos fluorescentes de iluminación).*

La tarjeta IR es un elemento útil para alinear el sistema óptico, pero no permite hacer ninguna medición cuantitativa de la emisión. Para ello se deberá recurrir al medidor calibrado de potencia.
Utilizando la tarjeta infrarroja se controla que la radiación láser incida en el detector de potencia calibrado, debe además asegurarse de que el detector esté alineado respecto al haz a fin de asegurar que capte la totalidad del haz. Este detalle debe controlarse siempre para asegurar que se mide la potencia total emitida por el laser de diodos evitando mediciones erróneas debido a un recorte en el haz del laser.
Cuando el laser está en funcionamiento estacionario la potencia de salida se mantiene aproximadamente constante. Sin embargo existen fluctuaciones debido a variaciones en la corriente de excitación y a cambios en la temperatura de trabajo. Estas fluctuaciones deben evaluarse antes de realizar una medición de potencia para constatar si son o no importantes.

- *Medir la potencia de salida del diodo. Controlar la estabilidad temporal y calcular la eficiencia total. ¿Depende ésta de la corriente? ¿Cómo cambia la emisión en función de la corriente de excitación?*

Se puede medir la potencia de salida con el detector calibrado, y simultáneamente, medir la corriente de excitación del laser por medio del indicador incorporado en la fuente de alimentación. Es conveniente realizar un barrido de la corriente de excitación (controlando que nunca se sobrepase la corriente máxima indicada) para tener idea de los rangos de potencia en que emite el diodo. Mida entonces la potencia de salida del diodo laser para diferentes corrientes y grafique los valores. Para realizar esta serie de mediciones debe tener la precaución de asegurar que el medidor de potencia no esté

saturado (pues en ese caso estaría recibiendo una potencia fuera del rango de medición lineal). Para asegurarse de esto, introducir una atenuación controlada en el haz laser y verificar si la lectura del medidor de potencia concuerda con la atenuación introducida.
La curva que se obtiene corresponde a la potencia de salida del laser en función de la corriente de excitación. Con estos datos se puede evaluar la eficiencia del dispositivo, comparando la potencia entregada con la potencia de excitación del diodo.

COMPARACION CON UN LED

Un diodo láser es una fuente de luz coherente producida por un cristal semiconductor. Los semiconductores pueden emitir luz en un amplio rango de longitudes de onda dependiendo de la aleación (material) de que se trate. Los dispositivos emisores de luz más conocidos son los LED (**L**ight **E**mitting **D**iode) que tienen masivas aplicaciones en electrónica.
Existen varias características distintivas de los diodos laser comparados con emisores de luz no coherentes tales como los LEDs. Uno de los propósitos de esta práctica es distinguir estas diferencias.
Conectar a continuación un diodo LED y repetir todas las mediciones anteriores realizadas con el diodo laser.
Con los datos obtenidos en este experimento graficar la potencia de salida del LED en función de la corriente (o potencia) de excitación.

- *¿Qué observa?, ¿qué diferencias se pueden destacar entre las dos fuentes de luz?*

Otra característica para tener en cuenta cuando se compara un láser con una fuente no coherente como el LED es la distribución espacial de la intensidad de luz. Observar con la tarjeta IR esta distribución de luz. Para tener una medida cuantitativa de la distribución espacial de luz compare lo que ve con la tarjeta IR con el medidor de potencia.

- *¿Qué observa? ¿Cómo depende la distribución de luz con la posición?*

- *Diseñar un método con los elementos que cuenta para medir la distribución espacial de intensidades de las dos fuentes. ¿Depende ésta de la distancia entre el medidor y la fuente de luz? ¿Por qué? ¿Qué se puede decir respecto a la potencia de cada uno de los dispositivos?*

ANALISIS ESPECTRAL

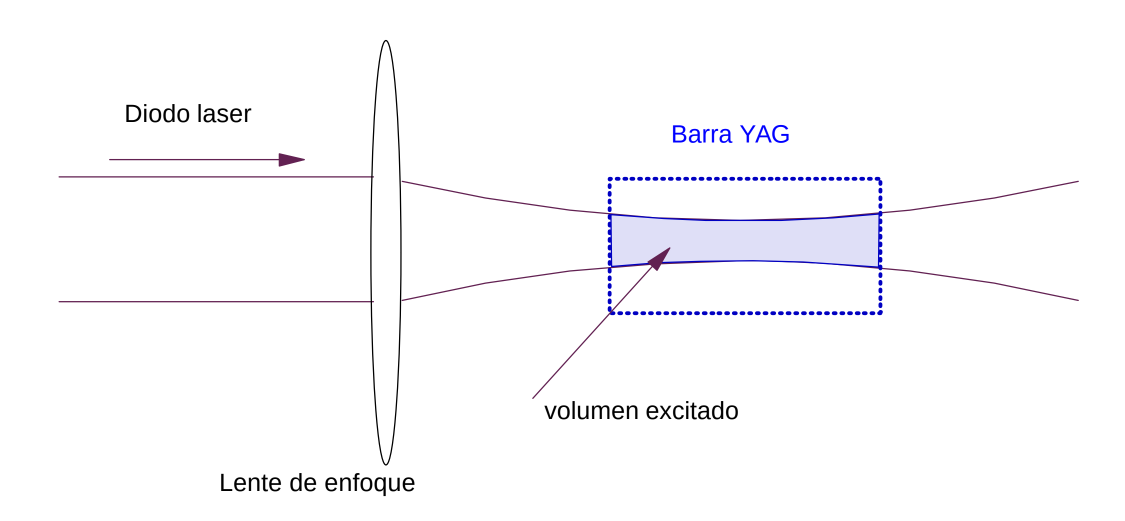
Para estudiar la distribución espectral de una fuente de luz se puede utilizar un elemento dispersivo, o sea un elemento óptico que produzca una dispersión angular dependiente de la longitud de onda. Un prisma de vidrio puede cumplir esta función permitiendo separar las diferentes longitudes de onda que componen un haz de luz. Otro elemento, más eficiente, es una red de difracción. Utilizando la red de difracción diseñar un dispositivo para observar la distribución espectral de energía del láser y del LED. Para ubicar los diferentes elementos utilizar la ecuación de la red de difracción, que relaciona los ángulos de incidencia y refracción para cada longitud de onda en función del paso de la red (o el número de líneas por unidad de longitud). Una alternativa es utilizar un monocromador, si se dispone de uno de estos instrumentos.

- *¿Qué diferencias se observan entre las dos fuentes de luz en cuanto a la distribución espectral? Variar los parámetros de funcionamiento (corriente de excitación) de ambas fuentes y describir lo que sucede.*

Teniendo como datos los experimentos que se acaban de realizar, enumerar las diferencias entre las dos fuentes (LED y diodo laser) y tratar de explicarlas.

DIODO LASER COMO FUENTE DE BOMBEO OPTICO

El diodo láser que se acaba de estudiar puede usarse como fuente de bombeo para otro laser de estado sólido (Nd:YAG, Nd :YVO_4). Para ello se enfoca la luz emitida por el diodo láser en una pequeña barra de este cristal de forma de excitarlo ópticamente. La luz del diodo láser es eficientemente absorbida por dicha barra, entregando de esta manera la energía necesaria para hacer funcionar el laser de Nd. Este método de excitación es muy común y se lo denomina “bombeo óptico longitudinal”. En este esquema entonces, un dato importante para diseñar adecuadamente la cavidad del segundo láser (YAG) es conocer el volumen excitado (ver figura). La radiación del diodo laser se enfoca mediante una o mas lentes en la barrita de YAG. Este foco determina un volumen excitado que corresponde a una región más o menos cilíndrica cuyo largo coincide con el largo de la barrita YAG y cuyo diámetro depende, entre otros factores, de la óptica de enfoque utilizada. Trate de diseñar un experimento para medir este volúmen y evalúe los errores de esa medición.



Bibiografía Sugerida

1- Laser Fundamentals. W. Silfvast, Cambridge University Press, 1996
2- Optical Processes in Semiconductors. J. Pankove. Dover Public. Inc. 1975
3- Laser Electronics. J. Verdeyen. Prentice Hall , 1995